

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-291133

(43)Date of publication of application : 05.11.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/20
C01B 25/08
C30B 29/68
H01L 21/02
H01S 3/18

(21)Application number : 04-083755

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 06.04.1992

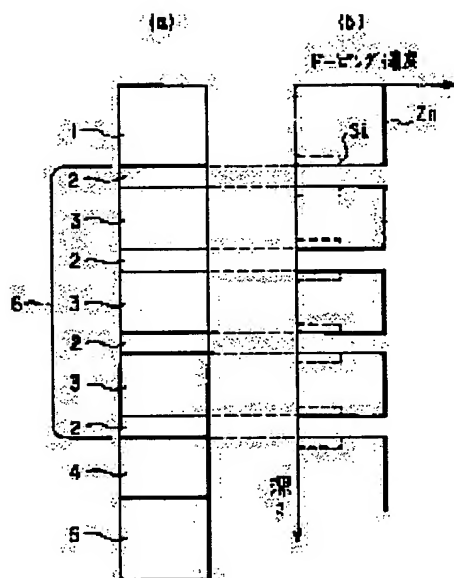
(72)Inventor : YAMAMOTO TOMOO
YAMAMOTO MITSUO
TOMORI YUICHI

(54) COMPOUND SEMICONDUCTOR SUPERLATTICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain compound semiconductor superlattice structure excellent in element characteristics, by doping the barrier layer side or both layer sides of a hetero interface of a barrier layer and a quantum well layer, with N-type impurities like Si or P-type impurities like Cd or electrically neutral impurities like Yb.

CONSTITUTION: A multi quantum well active layer 6 in a laser element whose oscillation wavelength is in a $1.55\mu\text{m}$ band is constituted of multilayered structure of a quaternary mixed crystal guide layer 1, a quaternary mixed crystal quantum well layer 2, a quaternary mixed crystal barrier layer 3 and a quaternary mixed crystal buffer layer 4. In order to prevent the thermal diffusion of Zn, which is P-type impurities added to the quaternary mixed crystal barrier layer 3, into the quantum well layer 2, a region of the quaternary mixed crystal barrier layer 3 within 20\AA from the interface to the quaternary mixed crystal quantum well layer 2 is doped with Si being N-type impurities. Thereby P-type impurities can be prevented from thermally diffusing from the barrier layer 3 to the quantum well layer 2. Modulation doping of high concentration P-type impurities can be realized only in the barrier layer 3, so that laser characteristics deterioration due to thermal diffusion of P-type impurities can be prevented.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent numb r]

3307669

[Date of registration]

17.05.2002

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-291133

(43)公開日 平成5年(1993)11月5日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/20		9171-4M		
C 0 1 B 25/08	A			
C 3 0 B 29/68		7821-4G		
H 0 1 L 21/02	B			
H 0 1 S 3/18				

審査請求 未請求 請求項の数1(全 6 頁)

(21)出願番号	特願平4-83755	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号
(22)出願日	平成4年(1992)4月6日	(72)発明者	山本 知生 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72)発明者	山本 Δミツマ夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72)発明者	東盛 裕一 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(74)代理人	弁理士 中村 純之助

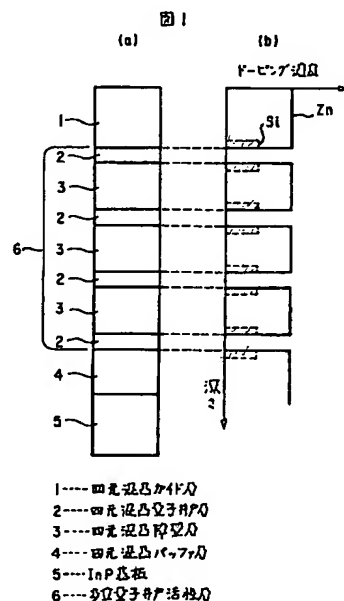
(54)【発明の名称】 化合物半導体超格子

(57)【要約】

【目的】 p型不純物を変調ドーピングした単一または多重量子井戸構造を持つ半導体レーザ等に適用される化合物半導体超格子において、p型不純物の障壁層から量子井戸層への熱拡散を抑制することができ、良好なレーザ特性が得られる化合物半導体超格子を提供する。

【構成】 量子井戸層と障壁層とを交互に積層して構成される単一または多重量子井戸構造において、障壁層と量子井戸層とのヘテロ界面の障壁層側もしくはヘテロ界面近傍の両層側にSi等のn型不純物、Cd等のp型不純物またはYb等の電気的に中性の不純物をドーピングする。

【効果】 p型不純物の障壁層から量子井戸層への熱拡散を抑制することができ、障壁層のみに高濃度のp型不純物の変調ドーピングが可能となり、p型不純物の熱拡散によるレーザ特性の劣化の防止、活性層での光損失の増大および量子井戸層での結晶特性の劣化を防止でき、高特性の半導体レーザが得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 InP結晶基板上に、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ の組成で示される四元混晶もしくは $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ の組成で示される三元混晶からなる量子井戸層と、該量子井戸層よりもバンドギャップが大きく、InP結晶基板におおむね格子整合し、かつp型不純物が添加された $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ の組成で示される四元混晶からなる障壁層とを交互に積層して構成された単一または多重量子井戸構造において、上記障壁層と量子井戸層とのヘテロ界面近傍の障壁層側もしくはヘテロ界面近傍の障壁層と量子井戸層の両層側に、n型、p型または電気的に中性の不純物を添加してなることを特徴とする化合物半導体超格子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、障壁層内にp型不純物が添加された単一または多重量子井戸構造を有する半導体レーザに係り、特に、障壁層と量子井戸層とのヘテロ界面の障壁層側もしくは障壁層と量子井戸層の両層側に、n型、p型または電気的に中性の不純物を添加することによって、優れた半導体レーザ特性が得られる化合物半導体超格子構造に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、半導体レーザにおいては、良好なレーザ特性を得るために重要な要因となる光閉じ込め率の増大、光損失の低減、発光の源となるキャリア（電子と正孔）の注入効率の増大等をはかるため、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ の組成で示される四元混晶、あるいは $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ の組成で示される三元混晶からなる量子井戸層と、該量子井戸層よりもバンドギャップが大きく、かつInPに格子整合した $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ の四元混晶からなる障壁層が数周期で積層されている多重量子井戸構造を活性層として用いていた。この時、障壁層のみにp型不純物であるZnを添加（ドーピング）、つまり変調ドーピングすると、活性層における光損失が増大すること無く、量子井戸層に注入される正孔を増大させることができるという利点が生じる。このことは、半導体レーザにおいては、高レーザ光出力および線幅増大係数の低減という良好な特性が得られるので大きな特長となっている。しかし、高濃度（ $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上）でZnを変調ドーピングすると、半導体レーザ構造の結晶成長および半導体レーザの作製過程における熱の影響により障壁層中のみドーピングされたZnが障壁層から井戸層に拡散するため、量子井戸層の結晶特性の劣化および光損失の増大が起こり、そのため効率の低下、すなわちレーザ光出力が低下してしまうという問題が生じる。そこで、一般に良好なレーザ素子特性を得るために変調ドーピングされるZnの濃度は、障壁層から量子井戸層へのZnの熱拡散が生じないドーピング濃度に制限されていた。このため、良好な特性をもつp型不純物が変調ド

ーピングされた量子井戸半導体レーザにおいては、低濃度（ $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 未満）で変調ドーピングされたものがほとんどであり、より良好なレーザ素子特性が期待できる高濃度（ $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上）で障壁層のみに変調ドーピングすることは極めて困難であった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、上述した従来技術における問題点を解消するものであって、p型不純物を変調ドーピングした単一または多重量子井戸構造を持つ半導体レーザ等に適用できる化合物半導体超格子を作製する場合において、p型不純物を高濃度で障壁層のみに変調ドーピングすることが可能で、素子特性に優れた半導体レーザ等に好適に用いられる化合物半導体超格子構造を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】 上記本発明の目的を達成するために、本発明の化合物半導体超格子構造の構成は、InP結晶基板上に $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ の組成で示される四元混晶もしくは $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ の組成で示される三元混晶からなる量子井戸層と、該量子井戸層よりもバンドギャップが大きく、InP結晶基板におおむね格子整合し、かつp型不純物（例えば、Zn、Cd、Be、Mg等）が添加された $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ の組成で示される四元混晶からなる障壁層とを交互に積層して構成された単一または多重量子井戸構造において、上記障壁層と量子井戸層とのヘテロ界面近傍の障壁層側もしくは上記ヘテロ界面近傍の両層側に、例えばSi、Se、Sn、S等のn型不純物、例えばZn、Cd、Be、Mg等のp型不純物、またはYb等の電気的に中性（p型でもn型でもない）の不純物を添加するものである。上記の不純物を添加する理由は、例えば、熱拡散距離がZn等のp型不純物に比べて極めて小さいSi等のn型不純物、Cd、Be、Mg等のp型不純物またはYb等の電気的に中性の不純物を、障壁層と量子井戸層とのヘテロ界面近傍の障壁層側もしくは障壁層と量子井戸層とのヘテロ界面近傍の障壁層と量子井戸層の両層側にドーピングすることにより、Siをドーピングした領域ではZnの拡散に必要な元素の周期表III族原子（InまたはGa）位置の空孔子をSi等が占有するため、p型不純物であるZnの障壁層から量子井戸層への熱拡散を防止することができるので、高濃度のp型不純物であるZn等を障壁層のみに変調ドーピングすることが可能となり、良好な素子特性を有する多重量子井戸レーザ等に適用できる化合物半導体超格子が得られることになる。

【0005】

【作用】 障壁層に添加されたp型不純物であるZn等の量子井戸層への熱拡散を防止する変調ドーピングは、障壁層と量子井戸層とのヘテロ界面近傍の障壁層側もしくはヘテロ界面近傍の障壁層と量子井戸層の両層側に上記にn型不純物であるSi等、p型不純物であるCd等ま

たは電気的に中性なYb等の不純物をドーピングすることにより可能となる。このSi等の熱拡散防止元素のドーピングを行わない限り、上記障壁層にZn等のp型不純物の高濃度の変調ドーピングは達成することができない。すなわち、例えば熱拡散距離がZnに比べて極めて小さいSiを障壁層と量子井戸層とのヘテロ界面近傍にドーピングすることにより、Siをドーピングした領域ではZnの拡散に必要な元素の周期表III族原子(InまたはGa等)位置の空孔子をSiが占有するため、Znの障壁層から量子井戸層への熱拡散が抑制されるのである。このため、障壁層から量子井戸層へのZnの熱拡散を起こすことなく、高濃度のZnを障壁層のみにドーピングすることが可能となる。本発明の実施例において、p型不純物のドーピング濃度が $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、n型不純物のドーピング濃度が $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の場合を例に挙げているが、障壁層で生成された正孔が量子井戸層に注入されるならば、上記以外のドーピング濃度であっても本発明の効果は得られる。また、仮に障壁層内にn型ドーピング濃度がp型ドーピング濃度を上回りn型に反転した層が部分的に生じたとしても、トンネル効果などにより障壁層から量子井戸層へ正孔を注入することができるものと考えられる。すなわち、Znの量子井戸層内への熱拡散を防止することによって、量子井戸活性層での光損失の増大および量子井戸層の結晶特性の劣化を防止することができると共に、多数の正孔を量子井戸層に供給することが可能となるものである。したがって、Znの熱拡散によるレーザ特性の劣化を起こすことなく、良好なレーザ特性が得られる。

【0006】

【実施例】以下に本発明の実施例を挙げ、図面を用いてさらに詳細に説明する。

＜実施例1＞図1(a)、(b)に本発明の第一の実施例を示す。図1(a)は、発振波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯のレーザ素子における多重量子井戸活性層6の層断面構造を示す模式図である。図1(a)において、多重量子井戸活性層6は、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (バンドギャップ波長 $1.3 \mu\text{m}$)で示される四元混晶ガイド層1 (層厚 1000\AA)、4層からなる $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ で示される組成の四元混晶量子井戸層2 (層厚 30\AA)、3層からなる $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (バンドギャップ波長 $1.3 \mu\text{m}$)で示される四元混晶障壁層3 (層厚 200\AA)および $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (バンドギャップ波長 $1.3 \mu\text{m}$)で示される組成の四元混晶バッファ層4 (層厚 500\AA)の多層構造よりなる化合物半導体超格子である。図1(b)に多重量子井戸活性層6内のZnおよびSiのドーピング濃度分布を示す。ここで、ドーピング濃度分布とはドーピングを行った領域と、ドーピング条件から推定されるドーピング濃度を示すものである。Znは、四元混晶障壁層3内の全域にドーピングされている。Siは、四元混晶障壁層3内の四元混晶量子

井戸層2との界面から 20\AA 以内の領域にドーピングされている。ここで、四元混晶障壁層3内でのSiのドーピング領域は、四元混晶量子井戸層2との界面から 20\AA 以内としているが、四元混晶障壁層3内で四元混晶量子井戸層2との界面近傍にドーピングされていれば 20\AA 以上、例えば四元混晶障壁層3全域であっても本発明の効果は得られる。Znのドーピング領域は、四元混晶障壁層3内であれば、どこに設定されていても構わない。四元混晶障壁層3中のZnのドーピング濃度は $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、Siのそれは $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ とした。

【0007】＜実施例2＞図2に本発明の第二の実施例を示す。図2(a)は、発振波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯のレーザ素子における多重量子井戸活性層6の層断面構造を示す模式図である。図2(a)において、多重量子井戸活性層6は、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (バンドギャップ波長 $1.3 \mu\text{m}$)で示される組成の四元混晶ガイド層1 (層厚 1000\AA)、4層からなる $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ で示される組成の四元混晶量子井戸層2 (層厚 30\AA)、3層からなる $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (バンドギャップ波長 $1.3 \mu\text{m}$)で示される組成の四元混晶障壁層3 (層厚 200\AA)および $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (バンドギャップ波長 $1.3 \mu\text{m}$)で示される組成の四元混晶バッファ層4 (層厚 500\AA)の多層構造よりなる化合物半導体超格子である。図2(b)に、多重量子井戸活性層6内のZnおよびSiのドーピング濃度分布を示す。Znは、四元混晶障壁層3内にドーピングされている。Siは、四元混晶量子井戸層2内および四元混晶障壁層3内へ四元混晶量子井戸層2の界面から 20\AA 以内の領域にドーピングされている。ここで、Siのドーピング領域は 20\AA 以内としているが、四元混晶障壁層3内で、該障壁層3と四元混晶量子井戸層2のヘテロ界面近傍にドーピングされていれば 20\AA 以上、例えば四元混晶障壁層3全域であっても同様の効果が得られる。また、Siのドーピングは四元混晶量子井戸層2内だけに行われていても構わない。Znのドーピング領域は、四元混晶障壁層3内であれば、どこに設定されていても構わない。四元混晶障壁層3中のZnのドーピング濃度は $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、Siのそれは $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ とした。

【0008】＜実施例3＞図3に本発明の第三の実施例を示す。図3(a)は、発振波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯のレーザ素子における多重量子井戸活性層6の層断面構造を示す模式図である。図3(a)において、多重量子井戸活性層3は、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (バンドギャップ波長 $1.3 \mu\text{m}$)で示される組成の四元混晶ガイド層1 (層厚 1000\AA)、4層からなる $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ で示される組成の四元混晶量子井戸層2 (層厚 30\AA)、3層からなる $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (バンドギャップ波長 $1.3 \mu\text{m}$)で示される組成の四元混晶障壁層3 (層厚 200\AA)および $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (バンドギャップ波長 $1.3 \mu\text{m}$)で示される組成の四元混晶バッ

ァ層4 (層厚500Å) の多層構造よりなる化合物半導体超格子である。図3 (b) に、多重量子井戸活性層6内のZnおよびSiのドーピング濃度分布を示す。Znは、四元混晶障壁層3内にドーピングされている。Siは、四元混晶量子井戸層2と四元混晶障壁層3の界面から四元混晶量子井戸層2側および四元混晶障壁層3側の20Å以内の領域にドーピングされている。ここで、Siのドーピング領域は20Å以内としているが、四元混晶量子井戸層2と四元混晶障壁層3のヘテロ界面から四元混晶量子井戸層2側および四元混晶障壁層3側にドーピングされていれば20Å以上、例えば四元混晶障壁層3全域であっても同様の効果が得られる。Znのドーピング領域は四元混晶障壁層3内であれば、どこに設定されていても構わない。四元混晶障壁層3中のZnのドーピング濃度は $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、Siのそれは $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。

【0009】なお、上記本発明の実施例においては発振波長が1.55μmの場合について説明したが、全く同様の層構成で、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 混晶の組成比を変えるだけで、他の発振波長を有するレーザ素子を作製することも当然可能である。また、多重量子井戸構造には4層からなる量子井戸層と3層からなる障壁層を用いたが、井戸数と障壁数に限りは無い。また、量子井戸層には $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ で示される四元混晶を用いても、また $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ で示される三元混晶を用いても構わない。さらにZnと同時にドーピングする不純物にn型不純物Siを用いたが、Sn、S、Seなどの他のn型不純物、Cd、Be、Mgなどのp型不純物、またはYbなどの電気的に中性な(p型でもn型でもない)不純物を用いても本発明の効果は得られる。

【0010】

【発明の効果】以上詳細に説明したごとく、本発明の障壁層へp型不純物が変調ドーピングされた多重量子井戸

半導体レーザ等に適用される化合物半導体超格子は、障壁層と量子井戸層とのヘテロ界面近傍の障壁層側もしくは上記ヘテロ界面近傍の障壁層と量子井戸層の両層側にn型、p型または電気的に中性の不純物をドーピングしているので、p型不純物が障壁層から量子井戸層へ熱拡散するのを抑制することができ、障壁層のみに高濃度のp型不純物の変調ドーピングを実現することができる。したがって、p型不純物の熱拡散によるレーザ特性劣化の防止および量子井戸層内へのp型不純物の拡散による活性層での光損失の増大、量子井戸層の結晶特性の劣化を防止することができ、良好なレーザ特性を有する多重量子井戸半導体レーザ等が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1で例示した多重量子井戸レーザ素子活性層の断面構造を示す模式図【図1(a)】およびZnとSiのドーピング濃度分布を示す説明図【図1(b)】。

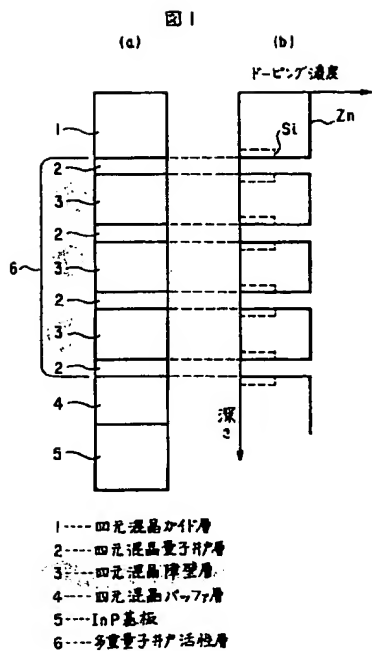
【図2】本発明の実施例2で例示した多重量子井戸レーザ素子活性層の断面構造を示す模式図【図2(a)】およびZnとSiのドーピング濃度分布を示す説明図【図2(b)】。

【図3】本発明の実施例3で例示した多重量子井戸レーザ素子活性層の断面構造を示す模式図【図3(a)】およびZnとSiのドーピング濃度分布を示す説明図【図3(b)】。

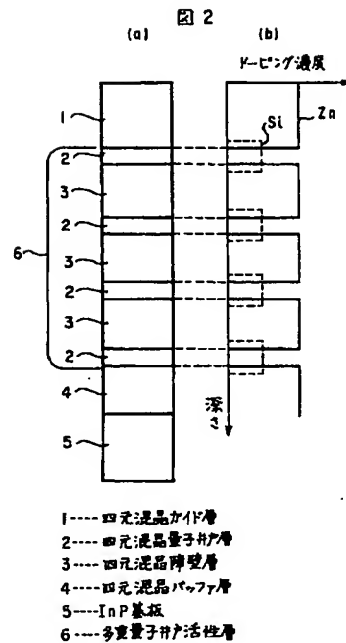
【符号の説明】

- 1…四元混晶ガイド層
- 2…四元混晶量子井戸層
- 3…四元混晶障壁層
- 4…四元混晶バッファ層
- 5…InP基板
- 6…多重量子井戸活性層

【図1】



【図2】



【図3】

